9.

DISCURSOS

LEIDOS ANTE

LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCION PUBLICA DEL

SR. D. CARLOS IBAÑEZ É IBAÑEZ.



MADRID:

IMPRENTA Y LIBRERÍA DE D. EUSEBIO AGUADO.—PONTEJOS, 8.

1863.

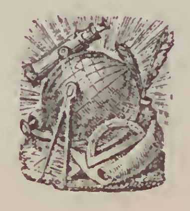
DISCURSOS

LEIDOS ANTE

LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCION PÚBLICA DEL

SR. D. CARLOS IBAÑEZ E IBAÑEZ.



MADRID:

IMPRENTA Y LIBRERÍA DE D. EUSEBIO AGUADO.—PONTEJOS, 8.

—

1863.

DISCURSO

DEL SEÑOR

DON CÁRLOS IBAÑEZ É IBAÑEZ

SOBRE

el orígen y progresos de los instrumentos de astronomía y geodesia.

Señores:

No extrañeis que la emocion embargue la voz de quien por primera vez se presenta ante un concurso tan respetable, con el espíritu agitado por diversas sensaciones. La gratitud por la honra que dispensais á mi escaso merecimiento; el recuerdo del sábio á quien sustituyo; lo elevado de vuestras tareas; un sentimiento de fundado recelo; todo se agolparia á confundirme, si no contase con que siempre andan unidas la sabiduría y la indulgencia, viéndolas aquí personificadas en el venerable General, bajo cuya paternal direccion dí, como militar, los primeros pasos en mi carrera.

Al cumplir hoy un precepto de los estatutos, intento únicamente presentaros una débil muestra de la voluntad con que me asocio á vuestros trabajos, impulsados con tanto empeño por el Ilmo. Sr. D. Gerónimo del Campo, cuya vacante me habeis llamado á ocupar. Este sábio ingeniero, lumbrera del Cuerpo de Caminos, alcanzó desde muy jóven la rara distincion de ser elegido para la enseñanza de los ramos mas importantes de las matemáticas, á cuya dificil tarea se consagró durante el largo espacio de veinte años. Con su

vasto saber é incansable laboriosidad conquistó, como en esta Academia, un puesto de distincion en otras asambleas científicas y literarias, siendo una de aquellas la Comision encargada de ejecutar los trabajos geodésicos del mapa de nuestro pais, á la que perteneció como vocal de su Junta consultiva. Lícito me será, puesto que tengo la honra de contarme entre los individuos que formaron esta Comision desde su orígen, rendir público y merecido testimonio de respetuoso dolor á tan esclarecido matemático, uniendo mis pobres alabanzas á las que unánimes resuenan en cuantas Corporaciones tuvieron la fortuna de apreciar sus talentos.

La memoria de mi antecesor acrece aún mas la desconfianza con que vengo á sentarme entre vosotros, ocupando ántes vuestra atencion por cortos instantes en acatamiento á la costumbre establecida. Indeciso anduve en la eleccion del tema: me los ofrecia fecundos la variedad de mi servicio como ingeniero militar; pero dedicado exclusivamente en los últimos años al estudio y práctica de la geodesia y de las ciencias que con ella se enlazan, encuentro en su dilatado campo mayor facilidad, ya que no mejores condiciones de acierto. Voy pues á recordaros, en brevísima reseña, el orígen y progresos de los principales instrumentos de astronomía y geodesia, así como la influencia que han tenido en los adelantamientos de ambas ciencias. Y para evitar lo que en mí pudiera haber de atrevimiento, internándome en los dominios de la astronomía, me ceñiré estrictamente á considerarla bajo el punto de vista práctico y en sus relaciones con la geodesia, sin otro objeto que el de coordinar estos desaliñados apuntes.

Pasada la época de la astronomía puramente contemplativa, cuando el hombre se contentaba con admirar la magnificencia de la bóveda celeste, y deducir algunas consecuencias de la repeticion de los fenómenos que se presentaban á su

vista; trascurrido igualmente el grande intervalo de tiempo en que los acontecimientos notables se referian á dia determinado con arreglo á períodos mas ó menos inexactos, comienza la observacion de los astros con el auxilio de los primeros instrumentos destinados á la medicion del espacio y el tiempo.

Desde la mas remota antigüedad era ya conocido el gnómon, que en su primitiva sencillez puede considerarse más bien como tomado de la naturaleza misma que como una verdadera invencion del hombre. Trasladándonos rápidamente á tiempos menos ignotos, y deteniendo nuestra vista en las vastas comarcas del Asia, favorecidas por un cielo siempre despejado, veremos al pueblo caldeo, asíduo observador de los fenómenos celestes, dividir el zodíaco en doce signos, empleando las observaciones de ortos y ocasos de sol, y midiendo el tiempo con clepsidras ó relojes de agua, al paso que el gnómon y el hemisferio hueco proporcionaban, consultados en dilatada série de observaciones, el conocimiento de la duracion del año, que ya otros pueblos mas antiguos habian empezado á determinar.

Todas estas tentativas, dirigidas por el sentimiento investigador de los caldeos, no llegaron á constituir una ciencia, y es preciso recurrir á Grecia para encontrar la cuna de la verdadera astronomía, fundada en teorías que enlazan entre sí los diferentes hechos observados aisladamente, los esplican, proporcionan los medios de calcular su reaparicion y de conocer las dimensiones, las distancias y los movimientos de los cuerpos celestes. La célebre escuela de Alejandría nos ha legado, desde tres siglos ántes de la era cristiana, algunas declinaciones de estrellas, observadas por Aristillo y Timocaris con las armillas solsticiales, instrumentos que Eratóstenes popularizó, estableciéndolos con las ecuatoriales en el pórtico de

Alejandría, donde sirvieron para determinar la oblicuidad de la eclíptica; habiendo contribuido en gran manera al adelantamiento de la astronomía. La geodesia debe igualmente al mismo instrumento la conocida determinacion de la magnitud del grado terrestre por Eratóstenes: con él observó la distancia solsticial en Alejandría, que le sirvió para deducir la amplitud del arco celeste comprendido entre esta capital y Siene; y es muy notable que el astrónomo griego, aunque llegó á un resultado erróneo, debido á los elementos inexactos que introdujo en su cálculo, partió del mismo principio que los modernos, armados de poderosos y delicados instrumentos, han aplicado diez y nueve siglos despues para conocer las dimensiones de nuestro planeta.

El nombre de Arquímedes, inseparable de las primeras conquistas de la geometría y de la mecánica, se ve igualmente asociado al de los mas distinguidos astrónomos de su época, habiendo determinado el diámetro del Sol por medio de su ocultacion con un cilindro que se movia á lo largo de una regla, y averiguando despues gráficamente el ángulo subtendido: procedimiento que manifiesta el estado á que se hallaba reducida la astronomía práctica, por carecer de instrumentos adecuados y de métodos trigonométricos para someter al cálculo los resultados obtenidos.

El genio de Hiparco vino en ayuda de la ciencia astronómica, imprimiéndole con sus descubrimientos nuevo impulso, y elevándola á la mayor altura que en la antigüedad pudo alcanzar. Su primer cuidado fue repetir las observaciones hechas anteriormente, perfeccionando los instrumentos con la introduccion de las alidadas y pínulas que, permitiendo dirigir la visual con mas exactitud, minoraron considerablemente los errores de puntería. Así determinó de nuevo el diámetro del Sol, valiéndose de su dioptra que le sirvió despues

para interesantes trabajos. La observacion asídua de la Luna le hizo fácilmente advertir la desigualdad de su distancia á las estrellas, segun la altura de aquella sobre el horizonte, lo que le condujo al importante descubrimiento de la paralaje, y al método de medir la distancia de los planetas á la tierra. Durante algunos años se valió el sábio astrónomo de las armillas ecuatoriales para observar la ascension recta y declinacion de los astros, coordenadas que transformaba en longitud y latitud por los métodos que inventó en aquella época, y que forman la base de la moderna trigonometría esférica: pero deseando llegar al mismo resultado sin pasar por los penosos cálculos que exigia la transformacion, imaginó el astrolabio armilar, que le proporcionaba directamente los elementos con que formó el catálogo de 1080 estrellas, el primero que con tal nombre merece citarse. Comparando las posiciones así determinadas con las que se deducen de las observaciones de Timocaris, reconoció 120 años ántes de nuestra era la precesion de los equinoccios, descubrimiento que por sí solo bastaria para inmortalizar su nombre.

Cerca de tres siglos trascurren sin que la astronomía experimente el mas leve progreso, hasta que Ptolomeo, utilizando los trabajos de Hiparco, y verificando por sí mismo algunas observaciones, compone sus célebres obras, depósito precioso de la sabiduría astronómica de la antigua Grecia. El cuadrante de círculo y las reglas paralácticas que median la cuerda de la distancia zenital del astro, fueron los instrumentos que con el astrolabio armilar de Hiparco sirvieron á Ptolomeo para sus observaciones, coronadas con el importante descubrimiento de la refraccion astronómica, cuya teoría física expone en uno de sus últimos escritos. Con la invencion de su planisferio nace el nuevo astrolabio portátil, instrumento que, modificado sucesivamente con el uso de distintas pro-

yecciones, ha prestado grandes servicios á la astronomía, á la geodesia y muy particularmente á la navegacion.

Para seguir los progresos mas notables de la astronomía práctica, forzoso nos será, salvando una laguna de siete centurias, durante las cuales el estruendo de los combates absorbia con sobrada frecuencia la atencion de los hombres, volver de nuevo la vista hácia las comarcas bañadas por el Eufrates, cerca de la antigua Babilonia, donde los árabes, aleccionados por los escritos de los griegos, se dedicaban con ardor al estudio de la sublime ciencia de los astros. Iniciados en las antiguas teorías, multitud de observadores, protejidos por ilustrados príncipes, se ocupaban en preparar cuadrantes de círculo y sextantes de extraordinarias dimensiones, dirigiendo su construccion y la division de sus limbos que superó bien pronto en exactitud á la de los griegos. Tambien dedicaron su actividad é inteligencia al trazado de las proyecciones de la esfera aplicadas á los astrolabios portátiles para determinadas latitudes, de los cuales se conservan algunos muy notables, construidos en España, que dan idea del estado en que se hallaban entre nosotros las artes hace 800 años (1). La medicion del tiempo, objeto de los trabajos del griego Ctesibio, que llegó á perfeccionar notablemente las clepsidras, haciendo aplicacion de los adelantamientos que la mecánica debió á la escuela de Alejandría, fué considerada con grande interés por los árabes que, adoptando el método de calcular el tiempo verdadero por el ángulo horario, observaban la altura de un astro en el momento de presentarse el fenómeno que deseaban estudiar. Alkoresmi, reemplazando

(1) Existe en la Biblioteca Nacional un pequeño astrolabio árabe de 24 centímetros de diámetro, construido en Toledo por Alhakem Ibrahim Said Almuazeni Absahli en el año de 1067.

las cuerdas con los senos; el célebre Albatenio observando la oblicuidad de la eclíptica, los equinoccios y el cambio del perigeo solar; el astrónomo Ebn-Junis, corrigiendo las tablas griegas con sus observaciones de eclipses y de conjunciones de planetas y estrellas, é imaginando la sustitucion del gnómon ordinario con el de taladro; el sábio Azarquiel, que á fines del siglo XI inventaba en Toledo su *azafeha* ó astrolabio universal, fundado en una nueva proyeccion de los círculos de la esfera; el matemático Geber, que proyectaba poco despues en Sevilla un complicado instrumento armilar, conocido con el nombre de *machina collectitia;* el ilustre Alhazen, cuya óptica trata ya extensamente de los efectos de la refraccion; y tantos otros árabes distinguidos, conservaron los conocimientos astronómicos de los griegos, trasmitiéndolos á Europa enriquecidos con abundantes observaciones, cuya precision era superior á la que alcanzaron en la antigüedad.

El precioso tesoro de conocimientos científicos acumulado por los árabes, fué acrecentado considerablemente por los españoles en el memorable reinado del sábio Don Alfonso de Castilla, que llegó á ser aurora del nuevo dia, á la que debian seguir los vivísimos resplandores del astro de la ciencia, como la astronomía de los griegos fué, al decir de un escritor moderno, crepúsculo de la tarde que precedió á una noche de muchos siglos. Entre los importantes trabajos de la Academia toledana presidida por el mismo Príncipe, y á la par de sus célebres tablas astronómicas, descuella el notabilísimo códice *Del saber de astronomía*, que ha sido objeto de las tareas de esta Corporacion, y que publicado por el Gobierno de S. M., sacará del olvido los esfuerzos de nuestros antepasados para el adelantamiento de la ciencia, y lo que esta debe á los sábios toledanos del siglo XIII. Léjos de contentarse con practicar la astronomía en el estado en que

la hallaban, y deseando ante todo difundir la instruccion, legando á las edades futuras el fruto de sus vigilias y de su ingenio, comienzan por verter al romance vulgar, «*faciendo libros que non moriessen con ellos*», los tratados mas notables de los árabes, dándoles la forma que reclamaban los progresos posteriores á su composicion, ó corrigiendo y completando con nuevos instrumentos y mas hábiles prácticas lo que hallaban erróneo, incompleto ú oscuro. Don Alfonso, que se distinguia por la gala de la expresion y elegancia del lenguage, compuso al parecer los prólogos de sus libros de astronomía y corrigió los escritos de sus sábios colaboradores, exponiendo con aquella claridad propia de la verdadera ciencia, los principios fundamentales que mandaba desarrollar á cada uno de los astrónomos de su Corte. De las diez y seis partes en que se divide el códice, solo la primera y novena son en cierta manera agenas á los aparatos astronómicos, esplicándose en las demás el tratado de la esfera ó *alcora* de los árabes, su combinacion con los círculos principales para la observacion, el astrolabio *redondo*, el *llano*, la *lámina universal*, la *azafeha* de Azarquiel, las diferentes *armellas*, el cuadrante vertical, y cuantas observaciones astronómicas se pueden ejecutar con tales instrumentos, dando reglas claras y precisas para su construccion y manejo. Otros libros se hallan exclusivamente consagrados á la medicion del tiempo, con aplicacion á la astronomía, y entre los relojes solares, clepsidras perfeccionadas y aparatos mas ó menos ingeniosos, que recibian los nombres de *relogio de la piedra de la sombra*, *relogio dell agoa* y *relogio de la candela*, se halla la descripcion del *relogio dell argent uiuo*, que presentando la idea del *volante*, y una especie de *escape* que ha podido ser orígen de los modernos, es importantísimo bajo el punto de vista histórico. Fundándose tan solo en una inscripcion sepulcral que

atribuia á Pacífico, Arcipreste de Verona, la construccion de un *reloj nocturno*, han supuesto algunos autores que este eclesiástico del siglo IX habia inventado el relój de máquina movido por un peso; pero entre otros escritores, Falconnet ha hecho notar que el adjetivo *nocturno*, aplicado ya por Casiodoro á las clepsidras, no podia dar lugar á tal deduccion; quedando completamente desconocido el inventor del relój dinámico, asi como el primer constructor del escape, mecanismo ingenioso que puede considerarse como base de la moderna relojería. El aparato astronómico de D. Alfonso contiene además de las ruedas movidas por un peso, un volante de mercurio que oscila en un plano vertical; verificándose el sonido de las horas cuando una palanca, semejante al brazo de las balanzas, deja en libertad de girar á la linterna que comunica con las campanas, las cuales cesan cuando la misma palanca, solicitada por un peso, *escapa* de cada uno de los dientes de la gran rueda de las horas (1). En suma: los trabajos de la Academia toledana, dignos de una descripcion especial que no puede encerrarse en el reducido cuadro de este rápido bosquejo, dan la medida del ingenio y erudicion de aquellos astrónomos. Poned en sus manos los instrumen-

---

(1) «Et despues arma el cerco yguador de guisa que se alleguen los »cabos de las estacas luengas que hy pusistes al cabo del braço del »peso do es colgado el plomo. et que trauen del. et que lo alçen por »su movimiento. et que quando se alçare este cabo abaxarse ell otro. »et soltarse a el açenña de las campaniellas. et mouersa et tanñersan »las campaniellas tanñiendo fata que escape el cabo del braço del peso »de la estaca que lo fizo alçar. et abaxarsa. et supra ell otro cabo et »trabara dell açenña de las campaniellas et retenersa et quedarán las »campaniellas de se tanñer fata que se allegue la segunda estaca que »es en pos de la primera que fara assi cuemo fizo la primera (et esta »es su figura).»

tos que las artes han creado en las edades modernas, y la astronomía práctica hubiera tomado inmenso vuelo, y ocupado en Castilla, durante el siglo XIII, el lugar que alcanzó algunas centurias despues en comarcas muy distantes de la imperial Toledo.

Extendidas sucesivamente por Europa las nociones astronómicas, se imaginan nuevos aparatos, se presentan hipótesis, y va levantándose lentamente el grandioso edificio científico de las modernas generaciones. A mediados del siglo XV, Purbach, Regiomonte y Walther se distinguen en Alemania por sus esfuerzos en pro del adelantamiento de la astronomía práctica, mandando fabricar primero los instrumentos de Ptolomeo y la ballestilla, muy usada posteriormente en la mar, é imaginando despues el cuadrado geométrico, que medía los senos de los ángulos observados, y el célebre *torqueto*, aparato complicado, que por su defectuosa construccion no prestó los servicios que de él se esperaban.

Tambien Copérnico intentó, perfeccionando los medios de observacion, allegar resultados numéricos para compararlos con los antiguos y comprobar las diversas teorías; pero sus instrumentos solo le condujeron á determinaciones imperfectas: que si este grande hombre consiguió con la profundidad de sus concepciones introducir una verdadera revolucion en la astronomía, no pudo crear las artes mecánicas, que en sus adelantamientos sucesivos habian de ser el auxiliar mas poderoso de la ciencia.

Conocidas por los chinos las propiedades de la aguja imanada, y aplicada esta á la navegacion desde los primeros siglos de nuestra era, adquirieron los árabes en su comercio con los pueblos del Asia algunas nociones de tan útil invento, que pasando despues á Europa, donde se cita ya como

muy usado en las sábias leyes del Rey D. Alfonso (1) y en los cantos inmortales del Dante (2), sirvió de clara antorcha en las grandes empresas navales, llevadas á cabo por los españoles y portugueses durante los siglos XV y XVI. Miéntras Colon iba en busca de un nuevo continente que agregar á los dominios de la corona de Castilla, observaba con la mayor atencion cuantos fenómenos se presentaban á su vista; y hallándose á 200 leguas al Oeste de la isla de Hierro, advirtió que la direccion de las agujas de marear sufria grandes alteraciones, pasando del Nordeste al Noroeste, y cruzando por lo tanto una línea sin declinacion, cuyo importante descubrimiento fué el origen de los trabajos hechos en Europa sobre el magnetismo terrestre. La brújula de declinacion, tan perfeccionada por los artistas modernos, fué inventada en 1525 por Felipe Guillen, entendido farmacéutico de Sevilla, que intentó determinar las longitudes en la mar por la variacion de la aguja; teniendo presentes sus ensayos el cosmógrafo Alonso de Santa Cruz, en los estudios que emprendió cinco años despues para la formacion del primer mapa general de las variaciones magnéticas: trabajos seguidos de otros no menos notables, entre los que figura el viaje de Juan Jaime desde Manila á Acapulco en 1585, verificado sin mas objeto que el de experimentar el instrumento que

---

(1) «E bien assí como los marineros se guian en la noche escura »por el aguja, que les es medianera entre la piedra e la estrella, e »les muestra por do vayan, tambien en los malos tiempos, como en »los buenos.....» 2.ª Partida, tit. IX, ley XXVIII.

(2) «Del cuor dell' una delle luci nuove
»Si mosse voce, che l' ago alla stella
»Parer mi fece in volgermi al suo dove.»

(*Il Paradiso*, Canto XII.)

habia imaginado para el estudio de las curvas de declinacion, y las importantísimas observaciones ilustradas con los nombres de Halley, Eulero, Buffon, Humboldt y otros sábios de nuestro siglo.

La marcha seguida por la astronomía práctica era todavía muy lenta, cuando vino á imprimirle un poderoso impulso el ilustre Tycho-Brahe, cuyo inmenso caudal de observaciones preparó el inmortal descubrimiento de las leyes de Képlero. Comprendiendo que en los instrumentos de grandes dimensiones, la solidez y la estabilidad son las condiciones mas esenciales para obtener resultados precisos, concibió el grande observador dinamarqués la idea del cuadrante mural de siete pies de radio, que hizo asegurar permanentemente en direccion del meridiano; perfeccionó las pínulas para obtener punterías menos erróneas; y subdividiendo el limbo de metal por el sistema de transversales, aplicado ya en el siglo XV á la ballestilla ó báculo de Jacob, consiguió apreciar hasta los arcos de cinco segundos. Sus sextantes astronómicos de seis pies de radio, divididos en cuartos de minuto, eran de dos clases: unos exclusivamente destinados á la determinacion de la altura del astro observado en un plano vertical; y otros, que llamaba de distancias, se montaban en una esfera que facilitaba los movimientos, ejecutándose la observacion, lo mismo que en el *arcus bipartitus*, por dos personas á la vez. Los grandes cuadrantes de siete pies de radio, divididos de diez en diez segundos, giraban al rededor de un eje vertical, y servian igualmente para la observacion del azimut, por medio de un círculo dividido en minutos y asegurado en la parte superior del muro de la torre, cubierta ya con una cúpula giratoria. El diámetro de sus armillas ecuatoriales era generalmente de seis pies, pero llegó á construir un aparato armilar compuesto tan solo de un círcu-

lo dividido en cuartos de minuto, con un semi-ecuador de veintidos pies de diámetro. Tambien usó otro sextante portátil, cuyas alidadas se movian lentamente por medio de un tornillo, que da la primera idea del moderno de coincidencia; habiendo imaginado además un pequeño cuadrante vertical subdividido por el sistema de circunferencias concéntricas, descrito ya por Nuñez desde 1542, con círculo azimutal y tornillos en el pié para situar verticalmente el eje de rotacion, de la manera que se practica en nuestros dias. Pero lo que hace mas interesante la época de Tycho, es que de ella data la rectificacion de los instrumentos, que tanta importancia ha adquirido en los tiempos modernos, y sin la cual, combinada con el estudio de todas las piezas que los constituyen, y con los procedimientos imaginados para conocer ó eliminar los errores de construccion, no es posible alcanzar la deseada exactitud. Todos estos cuidados y las innumerables dificultades que encontraba á cada paso para realizar sus ideas respecto á la perfeccion de los aparatos, le inspiraron esta exclamacion: «*Un buen instrumento es el fénix de la Arabia.*» Siguió, no obstante, avanzando con la mayor perseverancia por el áspero camino que habia elegido, llegando á reunir en su famoso observatorio de Uraniburgo la mas rica coleccion de goniómetros y de relojes de segundos que hasta entónces se habia conocido; asi como el fruto de diez y siete años de incesantes trabajos, entre los cuales se distinguen su célebre catálogo de estrellas, y la discusion de las observaciones solares, en que por primera vez tomaba en cuenta el valor de la refraccion atmosférica, deducido, aunque imperfectamente, de sus propias determinaciones.

Al mismo tiempo que Tycho-Brahe asentaba la astronomía práctica sobre sólidas bases, observaba en España el cosmógrafo Andrés de Céspedes con un cuadrante de su inven-

bles á perfeccionar más y más la observacion, estaba llamado á presenciar el cambio radical de la astronomía y de la geodesia, la inesperada exáctitud de las determinaciones y el nacimiento de la astronomía física, nueva rama de la ciencia que habia de crecer y extenderse prodigiosamente en los dos últimos siglos. Miéntras Képlero en Alemania daba cima á sus grandes descubrimientos, un modesto fabricante de lentes en Middleburgo debia, segun parece, á la casualidad, la invencion que ha cambiado por completo la faz de la astronomía. Los Estados generales de Holanda examinaban en el año de 1608 el nuevo instrumento de Lippershey, *destinado á ver desde léjos:* este instrumento, era el anteojo.

Difundida por Europa la noticia de tan curioso invento, llega rápidamente á Italia, donde sin más noticias que las vagas indicaciones de la fama, halla bien pronto Galiléo la combinacion de las lentes convexa y cóncava, que constituian el nuevo instrumento: pero aunque en Holanda lo usan únicamente para la vision de los objetos terrestres, comprende el ilustre filósofo que en la exploracion del cielo han de encontrarse sus más vastas aplicaciones, y con el corazon lleno de esperanza, dirige el anteojo al firmamento. ¡Cuál fué su admiracion al descubrir cuerpos celestes cuya existencia no sospechaba; al convencerse de que hay un astro alrededor del cual circulan planetas secundarios, como lo verifican alrededor del Sol los que de antiguo se conocian; al distinguir la constitucion de la via láctea; al ver, en una palabra, prodigiosamente ensanchado el vasto campo de la ciencia astronómica! Como el delicado instrumento del hábil operador abate la catarata que impide al ojo enfermo divisar los objetos, así el anteojo, penetrando al través de la atmósfera que nos circunda, y acortando como por encanto la inmensa distancia que separa los astros de la tierra, permitió á Galiléo

asistir al magnífico espectáculo vedado hasta entónces á los mortales. Tan grande fué la sorpresa causada por la relacion de los descubrimientos debidos al nuevo instrumento, que algunos filósofos, suponiéndolos efecto de una pura alucinacion, se negaron á dirigir al cielo el anteojo. No se cuenta ciertamente en este número á Képlero : á la primera noticia de la existencia de los pequeños globos que giran en torno de Júpiter, y que, corroborando las ideas del gran Copérnico, demostraban incontestablemente los principios generales del sistema solar, exclamó, repitiendo las célebres palabras atribuidas al Emperador Juliano: *¡Vicisti, oh Galilœe!*

La combinacion de lentes con que se formó el instrumento holandés, á la que debemos los primeros descubrimientos en los espacios celestes, se hallaba, sin embargo, muy distante de satisfacer las vastas aspiraciones del hombre, ansioso de conocer la constitucion del universo, y estimulado por las conquistas hechas ya en sus imperfectas exploraciones. A medida que aumentaba la amplificacion del anteojo, disminuia rápidamente el campo de la vision, y era forzoso detenerse sin haber obtenido los resultados que se anhelaban. Al imaginar Képlero en 1611 la sustitucion de la lente cóncava con otra convexa, dió la primera idea del anteojo astronómico, cuya disposicion permite aumentar considerablemente sus dimensiones, y con ellas la amplificacion de los objetos observados; pero la circunstancia de presentarlos invertidos impidió tal vez su pronta y general adopcion, continuando durante mas de treinta años el uso exclusivo del primitivo anteojo, que proporcionó sucesivamente el descubrimiento de las manchas del Sol, examinado ya entónces al través de un vidrio de color, la observacion de la primera nebulosa, la de las fases del planeta Vénus, la de los eclipses de los satélites de Júpiter aplicada á la determinacion de la diferencia de longitudes geo-

que utilizaron con notable inteligencia Picard, Cassini y La-Hire en las determinaciones astronómicas y vastas operaciones geodésicas que llevan sus nombres. Asombro causa que en medio de la general aceptacion con que fueron recibidos los últimos inventos, llamados á hacer progresar rápidamente la ciencia, levantase su autorizada voz el astrónomo Hevel contra la sustitucion de las pínulas por el anteojo. A pesar de su obstinacion en este punto, prestó el célebre observador de Dantzick grandes servicios á la astronomía práctica, habiendo aplicado á sus numerosos instrumentos varias mejoras, tales como los movimientos lentos con tornillos de coincidencia, y el pequeño arco dividido que, para apreciar las fracciones de la graduacion, habia imaginado el geómetra Pedro Vernier. Algun autor ha atribuido el mérito de tan útil invencion al P. Clavio, que resolvió en 1611 el problema de dividir gráficamente una recta en partes iguales, valiéndose de dos divisiones trazadas en su prolongacion, una en el mismo número de partes que deseaba obtener, y otra en una parte mas; pero Vernier, en su tratado del nuevo cuadrante, que dedica en 1631 á la Infanta de España Doña Isabel, manifiesta que la novedad del instrumento consiste en el arco graduado que acompaña constantemente á la visual, y no en el principio aritmético que sirve de base á la subdivision, pues este es bien conocido de todo matemático, así como los demás sistemas en que es preciso hacer uso del compás ó de una multitud de circunferencias, con incertidumbre y confusion. Y en efecto, los instrumentos experimentaron un verdadero progreso, que todos los observadores han sabido apreciar, por lo que parece justo dar á tan sencilla pieza el nombre del inventor, como se hace ya en varias naciones; si bien se conoce en otras con el nombre latino del sábio portugués Nuñez, que empleó por primera vez las circunferencias concéntricas,

y que por sus importantes trabajos ha alcanzado gran celebridad.

Aunque la astronomía no utilizó verdaderamente hasta el siglo XVIII los principales aparatos físicos destinados al estudio de la atmósfera, pertenece al siglo XVII la gloria de su invencion. El termómetro de alcohol, conocido desde algun tiempo ántes; y usado ya en 1641 para las observaciones de temperatura en varios puntos de Italia; el barómetro, descubierto tres años despues por Torricelli al comprobar las ideas de Galiléo sobre la ascension del agua en las bombas, ideas conformes con la opinion de Képlero, á qüien la contemplacion de la naturaleza habia hecho decir en 1604 que nuestra atmósfera era pesada; el higrómetro, que aunque tan imperfecto en su orígen presentaba indicaciones interesantes, han venido á ser con frecuencia compañeros del astrónomo, é inseparables del observador dedicado al estudio del relieve del globo, en cuya investigacion tanta influencia tiene el estado de la atmósfera.

Dos nuevas é importantísimas invenciones, vienen á aumentar el número de aparatos que ayudan á los astrónomos en sus delicados trabajos. Huyghens aplica en 1656 el péndulo á los relojes, y Gregory construye siete años despues el telescopio de reflexion, cuya idea habia ocurrido ya á Mersenne, aunque sin haberla publicado. El ilustre Galiléo empleó el péndulo simple para medir pequeños intervalos de tiempo; el matemático Vicente Mut determinó en Mallorca, ántes del año de 1640, la longitud del péndulo de segundos; y estos primeros ensayos condujeron al astrónomo holandés á su célebre aplicacion: pero geómetra profundo al par que diligente observador, investigó la forma de la curva que debie recorrer el péndulo para alcanzar el perfecto isocronismo de las oscilaciones; curioso problema cuya resolucion, inaplicable

al objeto que la promovió, ha proporcionado el conocimiento de la forma y propiedades de la cicloide. Formado por Gregory un aparato catóptrico, y reconocida la aberracion de refrangibilidad, superior á la producida por la forma esférica de las lentes, que Descartes habia intentado sustituir con la hiperbólica, se dedica el inmortal Newton al estudio de los aparatos de reflexion, construyendo por sí mismo un telescopio que regaló á la Sociedad Real de Londres el dia de su ingreso en aquella ilustre Academia: mostrando así que el cultivo de las matemáticas en sus mas elevadas especulaciones, no está reñido con los trabajos mecánicos que las ciencias de observacion reclaman para su progresivo desarrollo.

De la misma época data el orígen de los goniómetros de reflexion, fundados en un principio tan sencillo como fecundo, que aplicado á los aparatos náuticos ha sido de incalculables ventajas para los progresos de la navegacion. Este invento, debido al doctor Hooke en 1681, fué perfeccionado por Newton veinte años despues; pero permaneciendo sin aplicacion durante mas de diez lustros, no es extraño que se haya atribuido generalmente al astrónomo Halley, que en 1731 lo dió á conocer en una publicacion especial, y dispuso la construccion de varios octantes con doble reflexion, que fueron reemplazados por los modernos sextantes. La relojería debe tambien al siglo XVII la aplicacion que hizo Huyghens en 1665 del muelle espiral, importante mejora introducida en los antiguos relojes, de los cuales se conserva alguno del tiempo de Cárlos V, en que una hoja de espada ejerce las funciones de resorte. El mismo astrónomo, al estudiar la doble refraccion de la luz en un trozo de cristal de Islandia, descubrió en 1678 la polarizacion, y abrió así el camino en que han brillado muchos sábios distinguidos, contribuyendo al esclarecimiento de varios fenómenos de la astronomía física.

Reconocidas las ventajas de las circunferencias completas sobre los sectores de mayor ó menor número de grados, se establecieron círculos murales de grandes dimensiones; y la dificultad que presentaban estos en su construccion para servir de verdaderos instrumentos de paso, originó la feliz idea del anteojo meridiano con los actuales colimadores, publicada en 1700 por el dinamarqués Roëmer, que habia presentado veinticinco años ántes los primeros estudios sobre la propagacion de la luz, introduciendo además el uso del microscopio con micrómetro fijo para apreciar las fracciones de division en los limbos de los instrumentos: aplicacion que, perfeccionada sucesivamente, ha contribuido á la rapidez y exactitud de las observaciones modernas, llegando á generalizarse en los instrumentos astronómicos y en los usados para las operaciones de alta geodesia.

Los nacientes estudios sobre la constitucion física de los cuerpos celestes, exigian ya, desde principios del siglo que nos ocupa, perseverantes observaciones, durante las cuales se hallase siempre el astro en el campo de la vision, lo que dió orígen al uso del pié paraláctico para seguir el movimiento diurno con un anteojo que giraba alrededor de un eje paralelo al de rotacion de la tierra, como lo describió Scheiner en 1626, atribuyendo su invencion al P. Gruenberger. Pero este primer ensayo no bastaba para determinar el pequeño movimiento ánuo de las estrellas, observando sus declinaciones con el auxilio de aumentos considerables, porque era preciso que el anteojo se moviese por sí mismo suave y uniformemente, á imitacion del magestuoso movimiento que nuestros sentidos perciben en la bóveda celeste; resultado que ha llegado á conseguirse en las magníficas ecuatoriales conducidas por máquinas de reloj, que poseen hoy los principales observatorios de Europa y América.

El anteojo astronómico, el reloj de péndola, el telescopio y otros varios instrumentos de observacion; el descubrimiento de los cuatro satélites de Júpiter, el del anillo de Saturno y de cinco de sus satélites; el de la rotacion del Sol, de Júpiter, de Vénus y de Marte; el achatamiento del segundo, las sublimes leyes del movimiento de los astros, y la de la atraccion universal, constituyen el rico presente que debe la astronomía al gran siglo de Képlero, de Galiléo y de Huyghens; de Fermat, de Newton y de Leibnitz.

Los rápidos progresos que hizo la astronomía durante esta época memorable, adelantándose á las demás ciencias con que se halla mas íntimamente ligada, reclamaban de estas nuevos y poderosos auxilios. Desde el siglo XVIII se ve felizmente secundada la astronomía práctica por la física y la mecánica, y bien pronto se levanta vigorosa, acercándose con paso seguro al objeto de sus difíciles aspiraciones. La medicion del tiempo, que habia ya recibido del ilustre Huyghens el péndulo y el muelle espiral, reclamaba de la física un medio de evitar las contínuas variaciones que experimentaban los relojes por los cambios de temperatura: cincuenta y nueve años despues de aquella célebre aplicacion, intentaba Graham compensar el péndulo fundándose en la desigual dilatacion de los metales, que condujo en 1721 á la compensacion de mercurio, y poco despues á la rejilla de Harrisson; habiendo alcanzado tan importante mejora á los relojes marinos ó cronómetros, que ya mediado el siglo recibieron de Le Roy el volante circular compensado y el muelle espiral isócrono; elementos que con el escape libre del mismo constructor, perfeccionado por Arnold, Earnshaw y otros artistas modernos, forman hoy esas máquinas portátiles de tan admirable regularidad.

Si la relojería de precision debe exclusivamente su exis-

tencia á los progresos de la física, la vision telescópica recibió de la misma ciencia un auxilio tan eficaz, que ha formado época en la historia de la astronomía práctica. En los colosales anteojos que llegaron á construirse por Campani y Auzout se disminuia todo lo posible la abertura del objetivo, tomando además otras precauciones, que no alcanzaban á impedir la formacion de las imágenes circundadas del iris, que tanto dificultan la observacion. Admitido, segun un experimento de Newton, el principio de que un rayo de luz no podia refractarse sin sufrir la descomposicion, se creia imposible despojar á las imágenes de aquel grave defecto; pero el insigne Eulero, que intentó asimilar el objetivo al ojo humano, valiéndose de una combinacion de cristal y agua para corregir á la vez la aberracion de esfericidad y la de refraccion, suscitó una viva controversia que, ilustrada por Klingenstierna y Dollond, concluyó con la célebre experiencia de este último, demostrando la posibilidad de formar objetivos que no produjesen imágenes rodeadas de la aureola de colores, lo que originó el anteojo acromático, premiado en 1758 con la gran medalla de la Sociedad Real de Londres.

La Academia de Ciencias de París que, haciendo uso de su poderosa iniciativa en las cuestiones científicas, habia encargado al astrónomo Richer su expedicion al ecuador, dispuso posteriormente la formacion de dos comisiones dirigidas por Maupertuis y Bouguer, encargándoles la determinacion de la magnitud del grado de meridiano terrestre hácia el círculo polar ártico y cerca del ecuador, con el objeto de disipar definitivamente las dudas acerca de la verdadera forma de la tierra. Entre los memorables trabajos geodésicos de esta última comision, de la que formaban parte los distinguidos marinos españoles D. Jorge Juan y D. Antonio de Ulloa, se cuentan los provechosos estudios hechos sobre la constitucion física

de la atmósfera, que demostraron la necesidad de introducir las indicaciones barométricas y termométricas para calcular las correcciones relativas á la refraccion; cuya teoría físico-astronómica ha sido despues cultivada con empeño por los geómetras de mas nombre, é ilustrada con difíciles observaciones, tales como las recogidas por Humboldt en su excursion al imponente Chimborazo, y por Gay-Lussac, Bixio y Barral durante sus célebres ascensiones aereostáticas, en que se elevaron á mas de 7000 metros sobre el nivel del mar. El astrónomo Bouguer imaginó en 1748, poco despues de su vuelta á Europa, el heliómetro de dos objetivos, perfeccionado en Inglaterra por Savery con la sustitucion de uno solo dividido en dos partes iguales, que se mueven paralelamente á lo largo del diámetro comun; instrumento muy usado despues por el ilustre Bessel en sus notables trabajos sobre la paralaje de las estrellas. En medio de sus multiplicados estudios, se dedicó tambien D. Jorge Juan á cuanto se enlaza mas directamente con la construccion de instrumentos, habiendo escrito á mediados del siglo su interesante memoria sobre *la fábrica y uso del cuarto de círculo*, en que considerando la graduacion como *la cosa mas difícil de ser bien ejecutada*, pone de manifiesto, con cuatro triángulos de la cadena del Perú, la influencia que en aquella época tenian los errores de la division, y la importancia de determinarlos cuidadosamente para aplicar á los valores obtenidos las correspondientes correcciones, que en los ángulos presentados como ejemplo llegan alguna vez á 26 segundos.

Durante el último tercio del siglo, reciben los instrumentos importantes mejoras. Haciendo una feliz aplicacion de la idea que habia ya publicado en 1752, propone, quince años despues, el célebre astrónomo Tobías Mayer la sustitucion del octante con un círculo de reflexion, en que se disminuian los

errores á medida que se multiplicaban las observaciones; cuyo pensamiento fué notablemente perfeccionado por Borda en 1775. Miéntras este distinguido marino francés, fundándose en el mismo principio de Mayer, imagina en 1786 su círculo repetidor, el teodolito inglés, compuesto de un anteojo montado en un círculo horizontal, cambia completamente en manos de Ramsden, y se convierte en un instrumento que mide á la vez los ángulos azimutales y las distancias al zenit, introduciéndose tambien, aunque lentamente, el uso del nivel de aire, que ha venido á reemplazar con inmensa ventaja á las plomadas en todos los aparatos de precision.

Pero lo que ocasionó un cambio radical en los instrumentos, permitiendo hacer uso de los de pequeñas dimensiones, fué la manera de ejecutar la division de los limbos. El procedimiento ordinario de dividir por medio del compás se perfeccionaba en Inglaterra por Bird, cuando el Duque de Chaulnes, aplicando la idea de las máquinas empleadas por los ingleses desde principios del siglo para construir las ruedas dentadas de los relojes, presentó á la Academia de Ciencias de París en 1765 el sistema de plataforma graduada y microscopios, que puede considerarse como el orígen de las inapreciables máquinas de dividir usadas en el dia, compuestas generalmente de plataformas movidas por tornillos tangentes, segun el método de Ramsden, ó de grandes círculos combinados con el uso del microscopio micrométrico.

Estudiando la paralaje ánua con un anteojo meridiano de grandes dimensiones, descubre Bradley en 1728 la aberracion de las estrellas, y despues de diez y nueve años de observar incesantemente con su gran sector zenital, comprueba el movimiento de nutacion, sospechado ya por Newton con arreglo á los principios de la gravitacion universal. Los telescopios de William Herschel, que llegan á una amplificacion de 6500

veces, proporcionan en manos de este gran observador el descubrimiento de Urano y de seis de sus satélites; el de la existencia de otros dos satélites de Saturno, y la rotacion y achatamiento de este planeta; así como los vastos y difíciles estudios sobre las nebulosas, y las observaciones de estrellas múltiples con los micrómetros de *lámpara* y de *posicion*, que le permiten presentar el sistema estelar bajo un punto de vista que tanto se presta á las futuras investigaciones de los astrónomos.

En vista de los prodigiosos resultados obtenidos con los telescopios de Herschel, ordenó el Rey D. Cárlos IV la adquisicion de uno de 25 pies de longitud con destino al naciente observatorio astronómico de Madrid, comisionando al distinguido capitan de navío de la Real Armada, D. José de Mendoza y Rios, para que examinase detenidamente el instrumento, remitiéndolo á España con las precauciones necesarias, lo que tuvo lugar á fines de 1801, segun consta en la descripcion y numerosos dibujos que con otros documentos originales se conservan en el archivo de aquel establecimiento. El marino Mendoza, que desempeñó con singular acierto esta comision, se hizo notar muy ventajosamente por sus interesantes publicaciones que, dando principio en 1787 por el tratado de navegacion, calificado por Navarrete de la obra mas magistral y mas completa que de esta materia tenemos en nuestro idioma, y siguiendo con otros varios trabajos que vieron la luz pública en España, en Inglaterra y en Francia, concluye con sus célebres tablas de astronomía náutica, citadas con gran elogio por Delambre (1) y de las que se han hecho repetidas ediciones en los tres paises.

(1) «En exposant dans le volume de l'an XIV diverses méthodes pour »le calcul des distances de la Lune au Soleil et aux étoiles, j'ai donné »ouvertement la préférence à celle de M. de Mendoza sur les miennes »et sur toutes les autres. Depuis, cette méthode est devenue plus facile

Consagrado con verdadero entusiasmo á los estudios propios de la noble profesion que habia abrazado, perfeccionó tambien los instrumentos náuticos, describiendo en las *Transacciónes filosóficas* de 1801 su círculo de reflexion, que proporciona mas exactitud y facilidad en las observaciones.

Otro sábio español, el matemático Rodriguez, que tomó parte con Biot, Arago y Chaix en las observaciones de la cadena del meridiano de París, prolongada á lo largo de nuestras costas orientales y hasta la isla de Formentera, rehizo por completo los penosos cálculos á que dieron lugar los trabajos geodésicos del coronel Lambton en la India, y descubrió varios errores que habian conducido á Delambre á un valor demasiado grande del achatamiento terrestre (1), considerablemente reducido despues de verificar las correspondientes correcciones. Los valores generalmente adoptados para los semi-ejes polar y ecuatorial, han sido modificados recientemente por Struve, á consecuencia de la comparacion directa entre el arco de la India y el de 25°. 20′ medido desde el Danubio al mar Glacial; trabajo inmenso publicado por la Academia de Ciencias de San Petersburgo (2).

»encore par la publication de ses Tables. Cet ouvrage est le plus com»plet, le mieux conçu, le plus commode qui ait encore paru sur »l'astronomie nautique.» (Delambre, *Connaissance des temps pour l'an* 1808.)

(1) «Hence Delambre deduced the oblateness of the terrestrial sphe»roid to be the 206 th. part. But Rodriguez, an able Spanish mathemati»cian, who had already criticised the observations of Mudge, detected »various mistakes in Lambton's calculations, which being rectified, re»duced the depression of the Earth to the 320 th. part.» (Leslie, profesor de filosofía en la Universidad de Edimburgo, *Enciclopedia Británica*, vol. I, disertacion V.)

(2) En esta obra se asigna al semi-eje ecuatorial la longitud de

Imaginados, como se ha indicado ya, los principales instrumentos de observacion, reciben en nuestro siglo numerosas modificaciones que los perfeccionan notablemente: sábios astrónomos y distinguidos artistas, combinan sus esfuerzos para cultivar con decidido empeño este fructífero campo de la ciencia; y llamando en su auxilio al análisis, poderosa palanca intelectual, que desde el siglo XVII se ha engrandecido sucesivamente, elevan á la astronomía práctica á una altura tal que, como ha dicho un autor moderno, medio siglo bastaría para rehacer una ciencia que ha tardado mas de dos mil años en desarrollarse y llegar al estado de prosperidad en que hoy la vemos. Los círculos meridianos reunen por sí solos las propiedades de los murales y de los anteojos de paso; los objetivos alcanzan dimensiones desconocidas hasta ahora, conservando y aun aumentando la claridad y exactitud de las imágenes; invéntanse diferentes especies de micrómetros, y se modifican otros conocidos ya anteriormente, construyéndose roscas micrométricas de admirable precision; los instrumentos de medir ángulos adquieren una forma simétrica y una solidez que proporciona los mas felices resultados; la division de los círculos se hace con notable perfeccion en talleres de primer órden, cuyas máquinas marchan alguna vez á impulsos de un motor eléctrico; la sensibilidad y uniforme trabajo interior de los niveles llegan á cuanto se puede desear; progresa grandemente la relojería, tanto en la disposicion de sus principales mecanismos, como en el ajuste general de todas las piezas; y los ins-

---

$6378298^{m},7$, resultando el achatamiento de $\frac{1}{294,73}$. («Arc du Meridien de 25° 20′ entre le Danube et la Mer Glaciale, mesuré depuis 1816 jusqu'en 1855. St. Petersbourg, 1860.»)

trumentos portátiles usados en las operaciones mas elevadas de la geodesia, dan resultados que hubiera sido quimérico esperar de los que las artes producian hace un siglo.

Los teodolitos y círculos conocidos con el nombre de *repetidores*, despues de prestar grandes servicios á la astronomía y á la geodesia, son reemplazados por muchos observadores de nuestra época, con los instrumentos fundados en el principio que se ha convenido en llamar de la *reiteracion* ó medicion simple del ángulo, hecha diferentes veces sobre distintas partes del limbo; principio que presenta ventajas evidentes en la observacion de distancias zenitales, y que aplicado á círculos divididos con esmero y provistos de buenos aparatos subdivisores, tiene tambien superioridad sobre el primero en la medicion de ángulos azimutales, prestándose además admirablemente al sistema de vueltas de horizonte, adoptado para observar las diferentes *direcciones* que concurren en cada uno de los vértices geodésicos. El capitan inglés Mudge indicó ya en 1799 el sistema de reiteracion; pero empleado metódicamente desde 1823 en los trabajos geodésicos de Rusia, y en los que verificaron el ilustre Bessel y el sábio General Baeyer para la medicion del arco de meridiano en la Prusia oriental, síguenle igualmente los primeros astrónomos de Alemania, Suecia y Noruega, así como los observadores norte-americanos, los ingleses que operan en la India, y los españoles que se ocupan en las operaciones geodésicas que han de servir para la formacion del mapa de nuestro pais.

Si los progresos hechos en la construccion de goniómetros permiten obtener los valores angulares con grande aproximacion, las modificaciones que sucesivamente se han ido introduciendo en los aparatos de medir bases, cuyo orígen data apenas de un siglo, y el uso de los comparadores mo-

dernos para determinar la relacion entre las diferentes unidades de medida, proporcionan hoy los medios de conocer la longitud de las líneas de partida con toda la exactitud que requieren los trabajos geodésicos mas delicados. Pero miéntras que algunos observadores, atribuyendo á las determinaciones angulares un *peso* muy inferior al de la medicion de las bases, han elegido estas de la mayor longitud posible, para que al enlazar con los grandes lados de la triangulacion no se ocasionasen errores considerables, parece á muchos autores conveniente, cuando se dispone de buenos instrumentos, limitarse á medir líneas de dos á tres kilómetros, ligando sus extremos á los primeros vértices por medio de un sistema poligonal, cuya forma ofrezca diferentes comprobaciones, y empleando un método analítico para la compensacion de los errores. Importaba mucho hacer en España un estudio sobre este punto tan controvertido, para decidir si deben elegirse de mucha ó de poca longitud las bases geodésicas que se midan: y con objeto de reunir los datos necesarios, al mismo tiempo que se verificaba la medicion de la base central, se hicieron todas las observaciones angulares para obtener además del valor directo, otro calculado por una triangulacion especial apoyada en una seccion de la gran base, presentando un grande acuerdo los dos resultados.

Con el auxilio del telégrafo eléctrico y de los modernos aparatos que marcan el instante en que se observa un fenómeno, se determina hoy con extraordinaria exactitud la diferencia de longitudes geodésicas, que se obtenia desde el tiempo de Hiparco observando algunos fenómenos instantáneos, ó bien por medio de penosos viajes en que se transportaba un número considerable de cronómetros, realizando las ideas de Gemma Frisio, que indicó ya este procedimiento á principios del siglo XVI. Por el sistema de señales electro-

magnéticas, y evitando cuidadosamente los errores debidos á la *ecuacion personal*, indicados por Maskelyne, y que tanto ocuparon al sábio Bessel, se hallan ya ligados entre sí los primeros observatorios astronómicos de Europa; en los Estados-Unidos de América se han hecho algunas operaciones análogas; y en España la Junta general de Estadística, representada por el distinguido astrónomo que debe hablar hoy en este recinto á nombre de la Academia, prosigue por iguales medios la determinacion de las posiciones geográficas de las principales poblaciones del Reino.

Los grandes trabajos emprendidos para establecer la moderna red de vias de comunicacion, que constituye uno de los timbres de nuestro siglo, y la necesidad de conocer las altitudes de los puntos notables para enlazar los numerosos estudios topográficos que en el dia se ejecutan, han dado nuevo interés á las nivelaciones geodésicas, que si bien presentan algunas discordancias cuando se hace uso en el cálculo de un coeficiente general de refraccion, proporcionan resultados muy satisfactorios si se observa recíproca y simultáneamente sobre lados de corta longitud, adoptando para señales las miras planas, ó los heliotropos de Gauss usados ya con éxito admirable en las observaciones azimutales de la triangulacion española, aun en diagonales de comprobacion á distancias de 125 kilómetros. Las nivelaciones que ligan entre sí las costas bañadas por los principales mares de Europa, y el pequeño trabajo de esta especie que se ha ejecutado en España con objeto de indagar el desnivel de los dos extremos de la base de partida, son otras tantas pruebas de la exactitud con que la geodesia moderna puede determinar la tercera coordenada de los puntos trigonométricos.

Tal es, Señores, el estado de los instrumentos y métodos de observacion que emplea la ciencia moderna: sin el robus-

to apoyo debido al genio de algunos insignes varones, jamás hubiera llegado á tal perfeccion, ni presentaría convertido en anchuroso campo de fácil acceso lo que fué estrecha senda, por donde los primeros filósofos se abrieron paso á través de todo género de obstáculos. El hombre halla hoy el estudio científico extraordinariamente dividido, y elige la direccion á que se siente mas inclinado; bástale un decidido amor al trabajo para ocupar un puesto en la gran falange que marcha en pos de los génios, siempre escasos en número, llamados á dirigirla; y al par que contribuye en proporcion de sus fuerzas al esclarecimiento de la verdad, vivifica su espíritu con el sagrado fuego de la ciencia que, alejándole insensiblemente de las agitadas luchas de la vida, tan propensas á amargas decepciones, le hace mas grata la existencia, y le inspira tan solo la mas pura y noble de las ambiciones: la noble ambicion del saber.

CONTESTACION

AL DISCURSO ANTERIOR

POR EL SR. D. ANTONIO AGUILAR Y VELA,

ACADEMICO DE NUMERO.

Señores:

Si alguna prueba se necesitara del acierto con que esta Corporacion procura remediar los estragos que con frecuencia lamentable ocasiona en sus filas la muerte, suministraríala muy completa en el caso presente el discurso que acabamos de oir. Escrito con sencillez y modestia, como debia esperarse de quien ha consagrado al cultivo de la ciencia la mejor parte de su vida, no se sabe qué celebrar mas en él, si lo bien concebido del plan, la riqueza de detalles, ó la sagacidad suma con que están escojidos y analizados aquellos descubrimientos, fruto de una alianza feliz de los preceptos teóricos con las prácticas del arte mecánico, que mas influencia han ejercido en los progresos ulteriores de la Astronomía y Geodesia. Plácemes y enhorabuenas para su autor, nuestro nuevo compañero el Sr. Ibañez; y plácemes tambien para la Academia que, apreciadora del verdadero mérito, le ha llamado hácia sí, abriéndole las puertas de este recinto.

Antes de penetrar en el fondo del asunto, objeto principal de su discurso, el Sr. Ibañez ha consagrado un justo recuerdo de sentimiento por su pérdida, y de admiracion por

sus trabajos, al Ilmo. Sr. D. Gerónimo del Campo, cuyo nombre resonará siempre gratamente en esta Sala, y cuyo puesto vacante viene hoy á ocupar el nuevo académico. Aquel recuerdo, sobre ser merecido, posee en la ocasion presente el mérito de la oportunidad, pues entre los muchos servicios que Campo prestó á las ciencias, fue uno de ellos el de haber contribuido con su ilustrado consejo á establecer las bases para el levantamiento del mapa geodésico de España, obra repetidas veces iniciada, y en cuya acertada realizacion en nuestros dias, es donde el Sr. Ibañez ha conquistado los mejores timbres de su reputacion científica.

Tambien á esta Academia, como cuerpo colectivo, cupo la gloria de influir con su autorizado consejo para que aquella importantísima obra se emprendiera. En un informe que, á propósito de este asunto, elevó en 1852 á conocimiento del Gobierno de S. M., se leen estas significativas palabras: «El honor mismo del pais reclamaria, aunque no hablase tan alto en su favor la conveniencia del mejor servicio del Estado, que no se deje pasar mas tiempo sin que, con la energía de una voluntad decidida, y con el noble empeño de vencer todo género de obstáculos, por grandes que sean los sacrificios que lleve esto consigo, se emprenda una obra tan necesaria, y se adopten al plantearla todas las precauciones capaces de asegurar su éxito en medio de la inconstancia natural de los hombres y de los tiempos.»

El deseo de la Academia, con tanta energía espresado en las líneas que acabamos de trascribir, puede mirarse como realizado en la actualidad. En pocos años, y de ellos no todos consagrados al cultivo pacífico de las artes y las ciencias, se ha adoptado un plan conveniente de operaciones, se han acopiado los elementos materiales necesarios para llevarle á buen término en el mas breve plazo posible, y amaestrado en las

prácticas de la Geodesia un personal numeroso y entusiasta, se han emprendido los trabajos para la formacion del mapa, medicion delicada del pais, y conocimiento de la figura de la Tierra en la parte del globo que ocupamos, con grande ahinco y suma inteligencia. En el estranjero, donde no há mucho todavía se equiparaba bajo el aspecto científico á España con las naciones mas atrasadas del mundo, ríndese ahora justicia á nuestros esfuerzos por recuperar el puesto de honor que nos corresponde entre los paises cultos; hasta el punto de que una de las autoridades mas competentes en la materia, califica los trabajos geodésicos efectuados en nuestro pais, de iguales ó superiores, tal vez, en importancia y exactitud á cualesquiera otros análogos ejecutados hasta el dia. No en mi nombre, falto de autoridad y de prestigio, sino á nombre de la Academia que hoy me ha conferido la no codiciada é inmerecida honra de dirijiros la palabra, séame permitido felicitar á los distinguidos gefes y oficiales facultativos de nuestro ejército, y entre ellos al Sr. Ibañez, por haber en tan breve plazo, aunque tras penosísimos esfuerzos, obtenido de sus tareas un resultado tan lisonjero para ellos, como altamente honroso para su patria.

Ardua tarea se propuso el Sr. Ibañez al tratar de reducir á los estrechos límites de un discurso la historia de los descubrimientos que, desde las edades mas remotas hasta nuestros dias, han venido perfeccionando progresivamente la práctica de la Astronomía y de la Geodesia; práctica que por sí sola constituye hoy una verdadera ciencia, en cierto modo inseparable de la teoría. Y, sin embargo, lo que á primera vista parecia casi insuperable, ha sido realizado por el nuevo académico con tanto acierto y de una manera tan acabada, que dificilmente se descubre en su trabajo un vacío que llenar, ni una falsa ó aventurada apreciacion que correjir. Mi tarea, por

lo tanto, tiene que limitarse á presentaros algunas ligeras consideraciones, que naturalmente se desprenden de la lectura del discurso que estoy encargado de analizar.

Ignoramos casi por completo lo que se oculta bajo el espeso velo de las edades muy remotas; y, entre las ruinas de la antigua civilizacion del Asia, solo descubrimos hoy algunas nociones elementales de los fenómenos celestes. Cuál sería la ciencia de los caldeos, y de qué género los instrumentos con que verificaban sus observaciones, nos lo revela con suficiente claridad Tolomeo, cuando en su *Sintáxis matemática* nos refiere que el tiempo de la observacion de los eclipses ocurridos en Babilonia estaba espresado en horas, y sus fases en cuartas partes del diámetro del astro eclipsado.

Tampoco los filósofos griegos, á quienes parece que atormentaba más el deseo de construir un mundo á su antojo, que la idea de estudiar los fenómenos reales del universo material, podian hacer grandes adelantos en el terreno de la práctica astronómica. Las infinitas escuelas en que aquellos sábios se encontraban divididos , y las apasionadas disputas que á propósito de los fenómenos naturales sostenian unas contra otras, sin cuidarse ninguna de precisar por medio de la observacion los puntos capitales sobre qué versaban los debates, dan una triste idea del estravío en que puede incurrir el entendimiento humano cuando llega á cegarle el orgullo, ó una desmedida apreciacion de sus alcances. De semejante censura, sin embargo, debemos esceptuar á Meton, que 430 años antes de la Era cristiana, y con prioridad asimismo á la fundacion de la escuela de Alejandría , determinó la época del solsticio por medio de observaciones astronómicas dignas del mayor aprecio, si no por su delicadeza, por el tiempo á que se refieren, y precedente sensato que establecian.

Pero donde verdaderamente comenzaron á observarse con

asiduidad los fenómenos celestes fue en Egipto. Bajo el reinado de los Tolomeos, ilustres príncipes que durante un siglo dispensaron á las ciencias una proteccion ilimitada, estableciendo la famosa escuela de Alejandría, los hombres mas sábios de la Grecia se trasladaron á las márgenes del Nilo, y contribuyeron con sus luces naturales al fomento de la Astronomía. En el célebre *Museum*, primer ejemplo de un observatorio nacional sostenido por el Estado, estudiábase con regularidad y constancia el curso de los astros, empleándose para ello instrumentos muy perfeccionados, y entre otros el círculo completo situado en el meridiano, con cuyo auxilio podia determinarse diariamente la altura del Sol sobre el horizonte de Alejandría. De esta manera fue cómo el célebre Eratóstenes encontró para valor de la oblicuidad de la eclíptica el quebrado $\frac{11}{83}$ de la semicircunferencia; número de exactitud pasmosa, si llevamos en cuenta la época á que se refiere, y los medios materiales usados para determinarle.

Hiparco, que concibió primero que otro alguno la importancia de la ciencia astronómica y el caracter de unidad ó conexion que debia poseer al fin, estableció las verdaderas bases de la práctica de aquella ciencia, con la medicion de las ascensiones rectas y declinaciones de los astros; coordenadas que, por una razon casi incomprensible, tras el inmortal descubrimiento de la precesion de los equinoccios, abandonó despues, dando la preferencia á las longitudes y latitudes, de mucho mas difícil observacion directa.

Al reunir y coordinar Tolomeo en sus obras los trabajos verificados en épocas anteriores, y especialmente por Hiparco, parece obedecer á un mandato providencial. Sin la prevision de aquel célebre compilador, ¿cómo hubiera podido salvarse el tesoro de observaciones con tanto afan acopiado por los filósofos y astrónomos alejandrinos, en medio del cataclis-

mo que por entonces se preparaba? Pero si somos deudores á Tolomeo de los datos mas autorizados para juzgar con acierto del estado y adelantos de la Astronomía en lo antiguo, como astrónomo observador poco tiene que agradecerle la posteridad. La innovacion que introdujo en los instrumentos usados por Hiparco, abandonando el círculo completo por el cuadrante ó sector limitado de círculo; práctica en mal hora introducida, y que hasta principios del corriente siglo no se desterró por completo, adoptándose de nuevo el sistema primitivo de los astrónomos de Alejandría, fue una innovacion desgraciada, que el gran prestigio y autoridad de Tolomeo contribuyeron á sostener, comunicándole así un caracter mayor de gravedad.

Realizado el destino supremo que presidió á la formacion del colosal imperio romano, comenzó este por todas partes á flaquear, y cedió por el Oriente, casi sin esfuerzo, al primer ímpetu de los árabes, los cuales subyugaron en pocos años dilatadas regiones, como la Persia y el Egipto. Pero la Providencia, que conduce á la humanidad por caminos impenetrables á nuestra limitada inteligencia, inspiró el amor mas acendrado hácia las ciencias naturales al mismo pueblo que, por sus antecedentes, parecia destinado á estinguir por completo la ya amortiguada llama del saber. Los árabes, llenos de nueva y vigorosa vida, se dedicaron con entusiasmo hasta entonces desconocido al cultivo de las ciencias físicas, y muy particularmente á la observacion asídua de los fenómenos celestes, recojiendo con cuidadoso afan los restos del saber antiguo, que no habian perecido en el choque tremendo de unas razas y pueblos contra otros. Hasta qué punto llegó el entusiasmo del pueblo arábigo por los conocimientos astronómicos, nos lo revela la conducta de Almamon, el Augusto de sus gefes, cuando, vencedor del emperador de Constantinopla, y como condicion

precisa de una paz comprada á fuerza de sangre y de combates, exijió la entrega de las obras de Tolomeo. Hoy mismo, despues de los grandes progresos de la civilizacion, nos llenaria de asombro una cláusula de tal especie, en condiciones análogas á las referidas.

De Bagdad, donde llegaron las artes y las ciencias á un alto grado de esplendor, se trasladó la antorcha del saber á Córdoba; y de Córdoba partieron los resplandores primeros que debian comenzar á disipar las sombras de la ignorancia y el error en que yacia sumida la Europa. Entre los árabes, los instrumentos astronómicos de los griegos recibieron mejoras de alguna importancia; perfeccionóse la gnomónica; y á la observacion del gnomon y las clepsidras de los antiguos agregóse, para obtener un conocimiento mas preciso del tiempo, la de alturas iguales del Sol antes y despues de su paso por el meridiano, aunque sin llevar en cuenta el influjo en los resultados del movimiento propio de aquel astro; correccion necesaria, de que se estuvo prescindiendo siempre hasta la época de Picard. Estos y òtros varios adelantos que se hallan consignados en el discurso del Sr. Ibañez, constituyen otros tantos servicios prestados á las ciencias por los árabes, importantes en sí mismos, y mucho mas aún si se consideran como precedentes de otros descubrimientos ulteriores basados en su exacto conocimiento. A pesar de lo dicho, hay, sin embargo, que convenir en que el pueblo de que se trata, ni se distinguió por descubrimiento alguno fundamental, ni destruyó tampoco ninguno de los grandes errores que le fueron trasmitidos. Admirador entusiasta de la ciencia que habia heredado de los griegos, y falto de génio y elevacion de miras, jamás osó poner en duda los preceptos sentenciosos de sus maestros; bien es verdad que con un código religioso como el Corán, donde toda innovacion está execrada

no es facil que la imaginacion cobre vuelo, y tienda á elevarse hasta el asiento de la verdad.

La Alemania, que por tantos descubrimientos notables habia de distinguirse algo mas tarde, principia ya en el siglo XV á cultivar con fruto la ciencia de los astros. Walther de Nuremburgo fue el primero que en aquel pais adquirió grande y justa nombradía por las observaciones que hizo sobre el movimiento de los planetas, refiriendo los lugares ocupados por estos á estrellas fijas, de posicion bien conocida con prioridad; exactamente como hoy se procede en algunos casos escepcionales, pero muy importantes sin embargo. Los trabajos de Walther, efectuados todavía con medios materiales muy imperfectos, merecieron, con todo, tenerse en cuenta al discutir modernamente las observaciones hechas por Lacaille con objeto de perfeccionar la teoría del sistema planetario.

El célebre observatorio de Uraniburgo, en donde puede decirse tuvo origen la moderna Astronomía práctica, se vió abandonado muy poco despues de establecido. Perseguido Tycho-Brahe por enemigos envidiosos de su gloria, se refugia en Alemania con el precioso tesoro de sus observaciones, y le deposita en manos de Keplero, es decir, del único hombre capaz en aquella época de penetrar el magnífico arcano que entre aquel inmenso cúmulo de números estaba escondido.

El descubrimiento de las leyes á que obedecen en sus movimientos los globos planetarios, al paso que eleva á Keplero sobre el nivel comun de los demás hombres, nos ilustra sobre los variados medios de que la Providencia puede valerse para darnos á conocer la verdad. ¿Quién hubiera previsto que las desgracias de Tycho habian de ser el origen de su gloria mas pura, y el origen tambien de los mayores y mas sorprendentes adelantos de la astronomía?

Pero al llegar á este punto de la historia de la ciencia,

conviene que nos detengamos un poco para examinar y tratar de comprender si al compás de la teoría habia progresado la práctica de observar, ó si en la calidad y uso de los instrumentos astronómicos se habia efectuado antes de la época de Copérnico y Keplero una revolucion tan capital y fecunda como en las ideas hasta entonces dominantes sobre el mecanismo de los cielos. No ciertamente; y pocas palabras bastarán para disipar toda duda que pudiera reinar en la materia. ¿Qué diferencia existe, por ejemplo, entre los procedimientos empleados por los antiguos para la medicion de las distancias terrestres, contando los acompasados pasos de los camellos, y el procedimiento de Fernel, usado á mediados del siglo XVI, reducido asimismo á contar el número de vueltas de las ruedas de un carruaje? Ni de las observaciones astronómicas poco anteriores á la época de Keplero podemos formar un juicio muy favorable, cuando se comparan con las efectuadas en siglos mucho mas remotos. Entre los resultados de la observacion obtenidos por los astrónomos de la escuela de Alejandría, y los consignados en sus libros por Tycho-Brahe y el Landgrave de Hesse Guillermo IV, existe en verdad una diferencia favorable á los últimos, pero no tan grande como á primera vista pudiera parecer. Los procedimientos empleados por Tycho para dividir los limbos de sus instrumentos en partes pequeñísimas, y apreciar de este modo el valor de los ángulos de iguales dimensiones, de muy poco ó de nada le servian desde el momento en que al limbo, tan cuidadosamente graduado, agregaba una regla provista de pínulas, con cuyo auxilio le era casi imposible dirijir una visual á los astros, medianamente aproximada á la direccion verdadera; y hé aqui por qué los resultados obtenidos por aquel célebre astrónomo alcanzaron rara vez la aproximacion de un minuto de arco, y por qué en muchos casos, como Flamsteed lo demos-

tró posteriormente, adolecian de errores de seis y siete minutos de aquella especie. De este lamentable retraso de la Astronomia práctica podemos, hasta cierto punto, darnos cuenta, atendiendo á diversas consideraciones.

La primera que se ofrece á nuestro espíritu proviene de la falsedad del sistema astronómico establecido por Tolomeo. En este sistema todo era complicado y difícil; y á ejemplo de aquel mundo ficticio de donde la sencillez de los movimientos y la unidad de causas estaban desterradas, construíanse para estudiarle máquinas muy complejas tambien, y de manejo embarazoso. Compárense si no los instrumentos antiguos con los modernamente usados, y se comprenderá la verdad de cuanto acabamos de decir.

Otra de las causas del retraso en que por largo tiempo estuvo el arte de observar, y que tal vez fuera la mas influyente de todas, debemos buscarla en el aislamiento en que los astrónomos vivian, faltos de proteccion por lo regular, y sin ningun género de estímulo. Si la escuela de Alejandría produjo los magníficos resultados que hoy admiramos aún, ¿á qué fué esto debido sino á la proteccion de sus fundadores, y al comercio científico prolongado de unos sábios con otros? Donde no hay quien preste la semilla, quien la siembre, y quien la cultive con esmero despues de nacida, no hay que esperar fruto alguno. De esto tenemos un buen ejemplo en nuestro pais. Bajo el amparo de D. Alfonso, la Astronomía se eleva en España á un grado de esplendor inesperado y sorprendente; pero le sucede su hijo D. Sancho. mas dado al ejercicio de las armas que afecto á las ideas científicas de su ilustre padre, y todo desaparece. Los esfuerzos individuales en empresas de cierta importancia, ó no sirven de nada, ó solo sirven para provocar el concurso colectivo de todos aquellos hombres capaces de llevarlos unidos á tér-

mino satisfactorio. Un astrónomo entregado á sus propios recursos, con obligacion de conocer la teoría de su ciencia, de combinar en su mente las partes de que debe constar un instrumento, y de realizar con sus manos lo que el espíritu ha concebido, no puede aspirar á la perfeccion en sus tareas. Y en este caso se encontraron, salva alguna escepcion insignificante, todos los astrónomos de la edad media, y muchos del principio de la moderna, los fundadores de la actual Astronomía, Copérnico, Tycho, y hasta el mismo Galileo. Nada tiene, pues, de estraño que sus instrumentos fueran defectuosos, ni que el arte de observar se conservara durante siglos en la infancia; lo que asombra es que, con aquellos toscos elementos, se haya levantado el edificio mas peregrino del saber humano.

Si hasta el siglo XVI arrostró la Astronomía una existencia lánguida y trabajosa, cultivada por un corto número de sábios, no sucedió lo mismo desde el XVII en adelante. Keplero, con sus inmortales leyes, hace cambiar el punto de vista de la ciencia de los astros, considerada hasta entonces como un simple problema de geometría ó de cinemática á lo sumo. A las ideas de estension y movimiento agrégase ahora la de fuerza, y el problema de geometría se convierte en otro mucho mas vasto de mecánica. Y para corroborar los descubrimientos teoricos de sus ilustres predecesores, y vulgarizar las analogías que relacionan el globo que habitamos con los demás globos que pueblan el espacio, crea en cierto modo Galileo el anteojo, y descubre los discos aparentes de los planetas, las fases que interrumpen la curvatura regular de algunos, las manchas á modo de nubes que caracterizan á otros, y los satélites que giran en torno de Júpiter como gira la Luna en torno de la Tierra, conforme á las leyes de la atraccion universal enunciadas no mucho despues por Newton. Pero hay mas todavía.

Como si los descubrimientos hechos en muy pocos años, tanto en el dominio de la teoría como en el campo de la observacion, no bastaran para ilustrar una época: casi á la vez, por dos genios poderosos, formúlanse los principios del cálculo infinitesimal, verdadera palanca con cuyo auxilio deja el espíritu pocos obstáculos sin remover. El descubrimiento del telescopio y del cálculo son dos inventos del mismo órden, y que mutuamente se completan: el uno sin el otro perderian gran parte de su importancia; los dos juntos y perfeccionados han cambiado en breve tiempo la faz de la Astronomía y de las ciencias mas estrechamente relacionadas con esta, como sucede á la Geodesia.

Avivada la curiosidad pública con los asombrosos descubrimientos hechos en los siglos XVI y XVII sobre el mecanismo de los cielos, y sábiamente esplotada aquella reaccion favorable á los progresos de la Astronomía por las ilustres Academias ó cuerpos científicos que poco á poco, y á medida que el amor al saber se despertaba y estendia, se habian ido organizando en diversos paises, decídese al fin la creacion de observatorios fijos, sostenidos de un modo permanente por cuenta del Estado. Tal vez esta idea, dictada por un noble impulso de entusiasmo, hubiera sin embargo fracasado en su realizacion, si el interés material é inmediato de las naciones no hubiera venido por entonces á prestarla nueva y vigorosa vida. En pocos años habíanse en efecto estendido prodijiosamente los límites del mundo antiguo: la América por un lado y la India por el opuesto, ofrecian á la codicia humana ancho campo donde saciarse. La dificultad estaba en atravesar los mares, en burlarse del ímpetu de las olas, en evitar los bajíos y sitios peligrosos, y en no separarse del derrotero mas corto ó conveniente, á no ser en casos determinados ó con justos motivos. La buena práctica de la nave-

gacion provocó el planteo del problema de las longitudes en el mar; y la solucion de este problema, tenida por imposible durante largo tiempo, exigia el conocimiento prévio de las posiciones de los astros en la bóveda celeste. La creacion de observatorios astronómicos fijos no se presentaba ya como una simple exigencia de la teoría, sino como una verdadera necesidad para los progresos de la náutica, de donde en muy gran parte depende el desarrollo de la industria y el comercio, y la influencia material y moral de las naciones.

El establecimiento de observatorios permanentes principió en Dinamarca, bajo la proteccion de Cristian IV, el cual quiso de este modo vindicar á su patria del agravio que durante su menor edad se habia hecho al célebre Tycho-Brahe, obligándole á huir de su cara mansion de Uraniburgo. Desde aquella época, Dinamarca se ha distinguido siempre por la proteccion que su Gobierno ha dispensado á las ciencias, y por el mérito de los astrónomos que ha producido. Figura sobre todos ellos en primera línea Roemer, cuyos descubrimientos ha encomiado con tanta justicia nuestro compañero el Sr. Ibañez. Roemer, en efecto, inventó el anteojo meridiano tal como se usa en la actualidad, indicando la manera de hallar por la inversion del mismo el error de colimacion, y el arte de apreciar en los pasos de las estrellas por los hilos del retículo hasta las fracciones de segundo; demostró la superioridad de los círculos completos sobre los cuadrantes que Tolomeo recomendó con su ejemplo; situó tambien el anteojo de pasos en el primer vertical, aunque con distinto objeto del que hoy guia á los astrónomos al proceder de este modo; y por último, hasta los instrumentos de azimut y altura, y la ecuatorial ó máquina paraláctica renacieron tambien entre sus manos. Desgraciadamente un voraz incendio consumió en breve término los cuadernos de observaciones con

tanta paciencia y perspicacia efectuadas por Roemer, si bien la pérdida de aquellos trabajos no fué total. Salváronse las observaciones comprendidas en el famoso *Triduum* del astrónomo dinamarqués, y esto bastó para asegurar su gloria; pues tanto Bradley como Maskeline y Piazzi las tuvieron en alto aprecio, y tomaron como punto de partida, el primero en sus trabajos sobre la aberracion de la luz, y los otros dos, no menos ilustres sábios, al formar sus célebres catálogos de estrellas.

Las reformas introducidas por Roemer en la construccion de los instrumentos astronómicos, no fueron inmediatamente adoptadas por los demás observadores de los fenómenos celestes, á pesar de sus incuestionables ventajas. Y es que el espíritu humano cobra entrañable afecto á todo lo antiguo, y necesita que el tiempo y la esperiencia le persuadan de lo erróneo ó poco ventajoso de las prácticas heredadas, mucho antes de decidirse por la adopcion de otras nuevas. De no ser asi, con dificultad se esplica que los astrónomos Halley, Bradley y Maskeline, conocedores de todos los sistemas de observacion hasta su época empleados, siguieran el sistema establecido por su antecesor Flamsteed, que hizo construir al célebre Sharp un sector mural de 140° de amplitud con destino al observatorio de Greenwich, fundado por Carlos II, y del que el mismo Flamsteed fue primero y digno Director. Con el sector citado, sin embargo, y supliendo con su habilidad lo que de imperfecto pudiera tener el instrumento, Flamsteed determinó gran número de posiciones de los planetas, de muchas estrellas que catalogó despues, y de la Luna: estas últimas sirvieron á Newton de base para establecer los principios de la teoría mecánica de nuestro satélite, en conformidad con las leyes de la atraccion universal de la materia.

Pocos años antes que el observatorio de Grenwich habíase fundado el de París; y hallándose á su frente el astrónomo italiano Juan Dominico Cassini, tan justamente reputado ya entonces por sus tablas de los satélites de Júpiter, basadas en las observaciones hechas por él mismo, con los célebres anteojos de Campani, bien se comprende que el arte de construir instrumentos astronómicos habia de recibir con esto un nuevo impulso. A ello contribuyó tambien en gran manera, como el Sr. Ibañez refiere en su discurso detenidamente, y es por lo tanto inútil repetir aqui, el proyecto de medicion de la figura de la Tierra, comenzado á realizar por el abate Picard, proseguido por Cassini, y nunca interrumpido despues hasta la fecha. Semejante multiplicidad de trabajos científicos tenia que fomentar necesariamente la construccion de instrumentos de todas clases, elevando el arte á un grado de importancia y consideracion que nunca tuvo en épocas anteriores, apartándole de una ciega rutina, y relacionándole cada dia más con los progresos y necesidades de la ciencia. Y así sucedió. Los artistas del siglo XVIII, Bird, Ramsden, Troughton, Dollond y otros muchos, no solo gozan de una merecida reputacion por su habilidad como mecánicos, sino tambien por sus conocimientos teóricos, por el discernimiento y crítica con que combinaban las diferentes piezas de sus instrumentos, y por los progresos que de contínuo intentaban realizar. Del esceso de emulacion, de la superioridad alcanzada por el arte, nació, sin embargo, un mal: los constructores se dividieron en escuelas, y por algun tiempo en cada pais se siguieron preceptos distintos y se tomaron tipos de perfeccion diversos, hasta el punto de que mientras en Francia, por ejemplo, los pequeños círculos repetidores de Lenoir eran los preferidos para los trabajos geodésicos, preconizábanse en Inglaterra con igual destino los grandes sectores de Rams-

den. Por otra parte, los artistas, hasta cierto límite justamente engreidos con los adelantos introducidos en su profesion por sus solos esfuerzos, se aislaban de los astrónomos y geómetras, y no siempre oian, con la docilidad necesaria, los consejos de la teoría, y de una esperiencia penosamente adquirida en el manejo de los mecanismos por ellos fabricados. A qué estremo lamentable hubieran conducido la rivalidad exagerada, primero, y el aislamiento de los artistas, despues, de no haber desaparecido á tiempo, compréndese sin dificultad. Esta desaparicion puede mirarse como realizada de 30 años á esta parte, y á ella debe ser atribuida la perfeccion que los modernos instrumentos ofrecen comparados con los construidos á principios del corriente siglo.

Nuestro sábio corresponsal estrangero el Sr. Struwe al organizar el suntuoso observatorio de Pulkowa, no solo encontró artistas de primer orden capaces de constru ir instrumentos de precision admirable, sino artistas modestos, que se atuvieron con gusto y aun con gratitud á sus observaciones y consejos. Y cuando en España se pensó en emprender decididamente la medicion del país, tanto el nuevo académico Sr. Ibañez, como otro de nuestros compañeros, hallaron en la Capital de Francia un artista, el malogrado Brunner, cuya reciente pérdida deploran cuantos por el progreso nunca interrumpido en la ciencia se interesan, que no tuvo inconveniente en realizar sus planes, despues de discutidos por una y otra parte con el mejor deseo del acierto, en la construccion del aparato para medir *Bases*. Cuál ha sido en este caso el resultado de tan buena armonía entre la cabeza que piensa y la mano que ejecuta, entre la idea y el instrumento, no os lo diré yo, porque ni mi parecer tendria gran fuerza, ni acaso se consideraria como del todo desapasionado; pero le hallareis formulado en las siguientes palabras, tomadas de una reciente memoria

del general Baeyer, que ha dirijido gran parte de los trabajos geodésicos efectuados en Prusia. «En cuanto á lo que se refiere á la exactitud de los aparatos para medir *Bases*, puede llegarse en la actualidad á una aproximacion de $\frac{1}{600000}$ que es la que se alcanza con el aparato de Bessel. Sin embargo, la regla española, segun se deduce de las esperiencias á que ha sido sometida, y que se han publicado ya, da una aproximacion todavía mayor (1).»

Despues de todo lo hasta aquí dicho, resta unicamente dilucidar si los instrumentos astronómicos han llegado ya á un grado de perfeccion completo, ó si todavía presentan defectos graves, que racionalmente debamos esperar desaparezcan en un plazo mas ó menos largo. Lo último es lo cierto, Señores, especialmente si nos concretamos á los instrumentos de grandes dimensiones, tan necesarios en la práctica de la Astronomía estelar. Con el tamaño de un instrumento aumentan prodigiosamente las dificultades de su instalacion y manejo, y aumentan sobre todo las causas perturbadoras de su estabilidad y de su forma, de donde en mucha parte depende la exactitud de las observaciones que con el mismo se efectuan. A reducir este tamaño sin tropezar en otro escollo mayor; á construir cristales objetivos de un acromatismo perfecto y de una distancia focal relativamente corta van encaminados ahora los esfuerzos de algunos artistas eminentes. En el buen éxito de sus tentativas están interesados cuantos abrigan algun entusiasmo por los progresos de la Astronomía.

El caso que acabo de presentar muestra, sin multiplicar las citas, que el hombre no ha llegado aún á la perfeccion en el importante ramo del saber de que tratamos. Lo propio le sucede en todos los demás; ¿pero por eso dejará el trabajo y

(1) Ueber die Grosse und Figur der Erde, von Baeyer, Berlin 1861.

desmayará sin pensar en concluir la obra? Esto es contrario á su naturaleza. Trabajará un dia y otro hasta remediar las imperfecciones que ahora descubre; y como la obra de ayer es la base del edificio de hoy, lo conseguido en la actualidad le servirá de estímulo y punto de partida para continuar indefinidamente progresando en el porvenir.